

LOS BITS DAN PARA TODO

El programa del Universo

La lógica de las computadoras avanzó sobre los terrenos más inesperados de la ciencia,y la física no podía ser una excepción. Edward Fredkin, miembro del consejo directivo del famoso Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) de los Estados Unidos, es un genio multidisciplinario y algo caótico que a partir de esta confluencia postuló una teoría excéntrica e inquietante: la información es más fundamental que la materia o la energía, y el Universo en sí es muy parecido a un programa de computadora, un "supersoftware" que acarrearía impensadas especulaciones metafísicas y religiosas. Fredkin, por su parte, asegura no tener "ninguna creencia religiosa", pero porfía que "el Universo es consecuencia de algo que podríamos calificar de inteligente". Al fin y al cabo, ¿por qué el Bing Bang no puede haber sido el mero encendido de una computadora celestial?

LOS CIENTIFICOS Y SUS TOTEMS

Un dios cibernético

Por Robert Wright*

Además de haber hecho una fortuna por su propio esfuerzo, Edward Fredkin es un intelectual sin ayuda de nadie. Hace 20 años, cuando tenía 34 de edad, sin más que un bachillerato, se convirtió en profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). A pesar de que fue contratado para enseñar computación, y luego elegido para conducir el ahora famoso laboratorio de ciencias de la computación del MIT durante algunos de sus primeros años, pronto amplió su radio de acción a actividades más extrañas. Tal vez el más inusitado de los cursos que ha dado es uno sobre "física digital", en el que expuso la más excéntrica de sus teorías. Ed piensa que el universo es una computadora.

Fredkin trabaja en una región nebulosa de la ciencia moderna: en la zona intersticial de la ciencia de la computación y la física. Aquí, dos conceptos que han figurado como fundamentales en la ciencia —la materia y la energía— se funden en un tercero: la información. La relación exacta entre los tres es una cuestión que no tiene una clara respuesta, tan vaga y esencial que ha inspirado una amplia variedad de opiniones. La información, nos dirán algunos científicos, es sólo una de las muchas formas de la materia y la energía; adquiere forma perceptible en cuerpos como los electrones de las computadoras y en las descargas nerviosas del cerebro, en cosas como el papel periódico y en las ondas de radio, y eso es todo. Otros emplean términos más impresionantes y sugieren que la información merece ser equiparada a la materia y a la energía, que debe integrársele en una especie de trinidad científica, ya que son ellas tres los principales elementos de la realidad.

Fredkin va más allá aún. Según su teoría de la física digital, la información es *más* fundamental que la materia y la energía. Piensa que los átomos, electrones y *quarks* están constituidos primordialmente de *bits* (en inglés, unidades binarias de información), como los que comúnmente se utilizan en las computadoras personales o en las calculadoras de bolsillo. Y cree que el comportamiento de estos *bits*, y por tanto del universo entero, está gobernado por una sola regla de programación. Esta regla, afirma Fredkin, es muy simple, definitivamente más arcana que los constructos matemáticos que los físicos convencionales utilizan para explicar las fuerzas de la realidad física. Sin embargo, mediante una incesante repetición —al tomar, incansablemente, información que ha sido transformada y que a su vez transforma en una nueva— se ha generado una complejidad universal. Fredkin llama a esta regla, con visible reverencia, "la causa primera de todas las cosas".

"Hay tres grandes cuestiones filosóficas", comienza a decir. "¿Qué es la vida?, ¿qué es la conciencia, el pensamiento y la memoria, y todo lo que conlleva?, y ¿cómo funciona el universo?". Afirma que su "punto de vista de información" abarca las tres. Consideremos la vida, por ejemplo. El ácido desoxirribonucleico (ADN), el material de la herencia, es "una buena muestra de información codificada digitalmente. La información que incluye lo que una criatura o una planta habrá de ser está codificada; tiene su representación en el ADN, ¿no es así? Bien, existe un proceso que toma esa información y la transforma en la criatura, ¿correcto?". Lo que quiere decir es que, por ejemplo, un ratón es "un enorme y complicado proceso informativo".

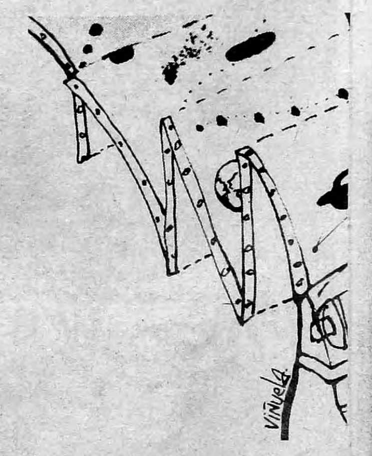
Fredkin rezuma racionalidad. Rara vez expresa una emoción. Nunca se ha planteado un problema que no haya tenido una solución perfectamente lógica, y cree con firmeza que la inteligencia puede ser mecanizada ilimitadamente. Hace más de 10 años fundó el Premio Fredkin, 100.000 dólares para quien construya el programa de computadora que pueda vencer a un campeón mundial de ajedrez. Nadie lo ha ganado aún, y Fredkin está viendo la posibilidad de elevar el premio a un millón de dólares.

Está prácticamente solo al concebir el ADN como una forma de información, pero su observación era menos común cuando la expresó por primera vez. Y lo mismo sucedía con muchas de sus ideas. Cuando su punto de vista cristalizó, hace un cuarto de siglo, de inmediato descubrió docenas de implicaciones de gran escala, en campos que van desde la física a la biología y la psicología. Algunas de ellas han obtenido aceptación general desde entonces y él considera esta tendencia como una progresiva comprobación de toda su perspectiva.

"A lo que me refiero es a que en el nivel más elemental de complejidad, un proceso de información opera lo que nosotros consideramos como física. En un nivel de complejidad mucho mayor, la vida y el ADN —las funciones bioquímicas— están controlados mediante un proceso de información digital. Así, en otro nivel, nuestros procesos mentales son básicamente procesamiento de información." Fredkin hace notar que esto no quiere decir que la mejor manera de ver todas las cosas sea como información. "Es como decir que existen las matemáticas y todas esas cosas, pero no *todo* se concibe mejor desde un punto de vista matemático. Así que no he dicho que esto venga a reemplazarlo todo. Es un camino más para representar la realidad, y resulta que en cierta medida abarca los tres grandes misterios de la filosofía."

Entre los científicos que no desprecian la incontenible teoría de la física digital de Fredkin está Marvin Minsky, experto en ciencia de la computación del MIT, cuya fama le ha ganado fanáticos en ciertos círculos. Minsky compara a Fredkin con Einstein por su habilidad para encontrar principios profundos a través de sencillas excursiones intelectuales. Si bien es cierto que muchos físicos opinan que Fredkin es un excéntrico, dijo Minsky, también es verdad que "la mayoría de ellos son la clase de personas que no inventan nuevas teorías"; desempeñan su labor como si padecieran astigmatismo, sin cuestionarse nunca el dogma del día. Cuando aparece el tipo de reformulación del pensamiento fundamental que propone Fredkin, "no tiene sentido hablar con nadie más que con un Feynman, un Einstein o un Pauli", dice Minsky. Yo charlé con Richard Feynman, Premio Nobel del Instituto Tecnológico de California, antes de su muerte en febrero de 1988. Feynman creía que Fredkin era un pensador brillante y verdaderamente original, aunque a veces incauto. Si alguien puede alcanzar una nueva y fructífera manera de entender la física, me dijo Feynman, ése será Fredkin.

Sin embargo, a pesar de su apoyo moral, ni Feynman ni Minsky han creído que el universo es una computadora. Estaban aprobando la inteligencia de Fredkin, no su manifestación particular. Cuando se trata de la física digital, Fredkin navega solo.



Un universo finamente jaspeado

La primera causa de todas las cosas, el principio único que gobierna el universo, reside en una especie de programas de computadora llamados robot celulares, según Fredkin.

Los *robot celulares* fueron ideados a principios de los cincuenta por John von Neumann, uno de los creadores de la ciencia de la computación e iniciador teórico de otros campos. La palabra *celular* no tiene implicaciones biológicas cuando se la emplea en este contexto. Se refiere más bien a los espacios adyacentes —células— que, en conjunto, forman un diseño. En nuestros días estas células aparecen comúnmente en la pantalla de una computadora, aunque Von Neumann, que no contaba con este mecanismo, las plasmó en papel.

Hasta cierto punto, los robot celulares recuerdan aquellas magníficas exhibiciones gráficas generadas por los entusiastas aficionados al fútbol. Al levantar a una señal grandes cartas de colores, pueden producir colectivamente el retrato de un dirigente nacional o el símbolo de una escuela. Más impresionante aún es el que un retrato pueda desvanecerse y formarse otro en un dos por tres. Es un espectacular acto de exactitud y organización.

Pero supongamos que no hubiera planeamiento. Supongamos que en vez de exhibir una sucesión ordenada de cartas, cada uno aprendiera una rutina, es decir, una regla individual, en la que se determinará en forma sistemática qué carta llamaría a la siguiente. Esta regla podría asumir infinidad de formas. Por ejemplo, en una multitud donde todas las cartas fueran azules o blancas, a cada uno de los participantes se le podría indicar que mirara su propia carta y las de sus cuatro vecinos más próximos —el de enfrente, el de atrás y los de sus costados— y hacer lo que la mayoría hiciera durante el último cuadro. En forma alternativa, podría decírsele a cada uno que hiciera lo opuesto a lo que realizara la mayoría. En ambos eventos el resultado serían series no de retratos predeterminados, sino de diseños más abstractos, impredecibles.

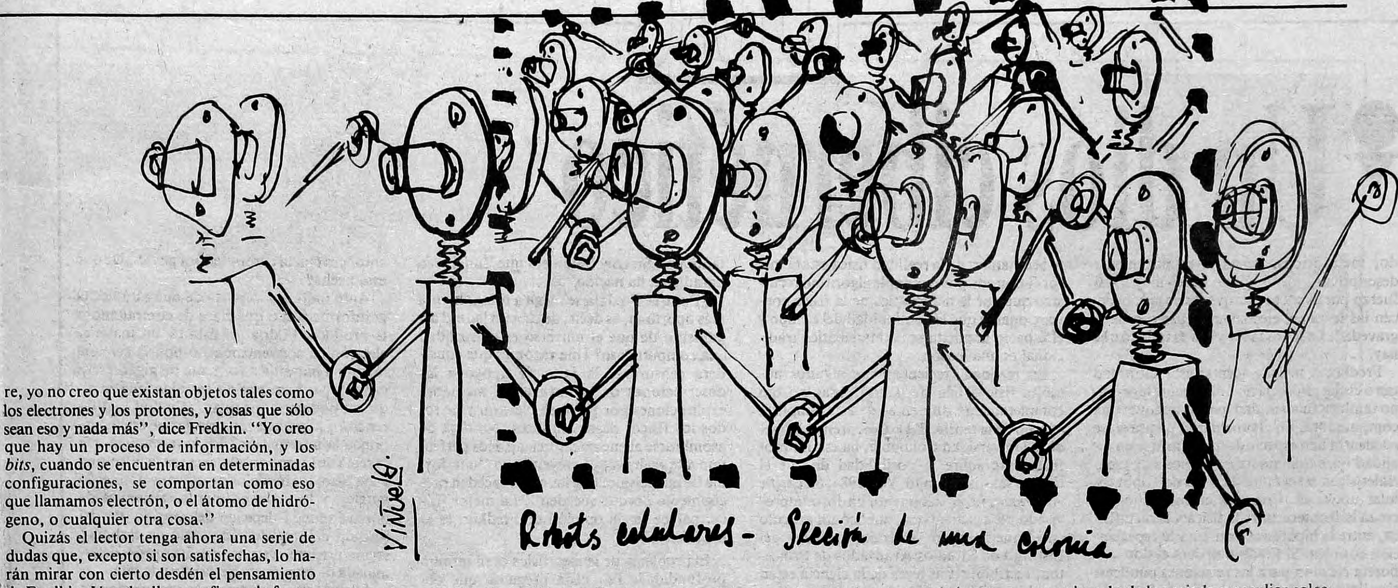
Esto da pie a una abundante variedad. Hay muchas maneras de definir una colonia, y para cada determinada colonia existen muchas posibles reglas, muchas de ellas más complicadas que la ciega avenencia o la implacable inconformidad: contando todo, el número de reglas posibles es una función exponencial del número de células en la colonia; sólo la colonia de Von Neumann —un grupo de cinco células tiene 2^{32}, es decir, alrededor de 4000 millones de reglas posibles. Pero cualesquiera que sean las colonias o reglas programadas en una computadora, dos aspectos son siempre verdaderos para los robot celulares: cada célula utiliza la misma regla para determinar el comportamiento futuro mediante una referencia al comportamiento pasado de sus vecinas, y todas las células obedecen la regla simultáneamente, una y otra vez.

Fredkin piensa que los robot celulares reflejarán con mayor fidelidad la realidad conforme sean aplicados a sus niveles más fundamentales y se descubran las reglas necesarias para moldear el movimiento de moléculas, átomos, electrones y *quarks*. Y cree que en el nivel más fundamental (cualquiera que sea éste) el robot describirá el mundo físico con precisión perfecta, ya que en ese plano el universo *es* un robot celular en tres dimensiones; una retícula cristalina de unidades lógicas interactuantes, cada una "decidiendo" un número astronómico de veces por segundo si estará prendida o apagada el siguiente punto en el tiempo. La información que se produce en consecuencia, afirma Fredkin, es el tejido de la realidad, la sustancia a partir de la cual se crean la materia y la energía. Un electrón, en el universo de Fredkin, no es más que un modelo de información, y un electrón en órbita no es más que un modelo en movimiento. En realidad, de alguna manera, incluso este movimiento es ilusorio: los *bits* de información que constituyen el modelo o patrón nunca se mueven, aunque los aficionados al fútbol cambiarán sus lugares para dejar resbalar la figura que diseñan cuatro asientos a la izquierda. Cada *bit* se queda quieto y reduce su actividad a un encendido o un apagado intermitente. "Mi-

Edward Fredkin, del MIT, en su casa bostoniana.

Las unidades más pequeñas de materia funcionarían como "bits".





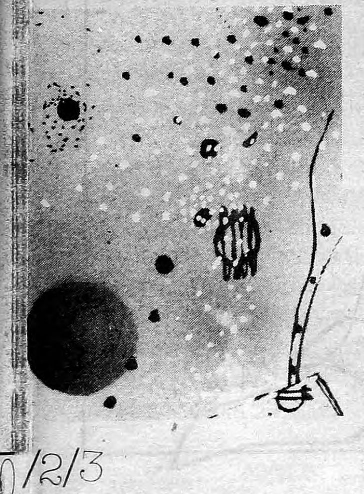
re, yo no creo que existan objetos tales como los electrones y los protones, y cosas que sólo sean eso y nada más", dice Fredkin. "Yo creo que hay un proceso de información, y los *bits*, cuando se encuentran en determinadas configuraciones, se comportan como eso que llamamos electrón, o el átomo de hidrógeno, o cualquier otra cosa."

Quizás el lector tenga ahora una serie de dudas que, excepto si son satisfechas, lo harán mirar con cierto desdén el pensamiento de Fredkin. Una de ellas se refiere a la forma en que el robot celular corta el espacio y el tiempo en pequeños *bits*. Las teorías físicas más convencionales reflejan la intuición de que la realidad es continua, de que un "punto" en el tiempo no es tal, sino más bien un flujo ininterrumpido que se concatena al siguiente, y que el espacio, de manera similar, no aparece en pequeños trozos, sino que es completamente uniforme. La teoría de Fredkin implica que tanto el espacio como el tiempo tienen una textura granulosa y que los granos no pueden cortarse en unos más pequeños; que las personas, perros, árboles y océanos, en el fondo, son más como mosaicos que como pinturas; y que la esencia del tiempo se captura mejor mediante un reloj de pulsera digital que en uno de péndulo.

La pregunta obvia es la siguiente: ¿Por qué el espacio y el tiempo *parecen* continuos si no lo son? Una respuesta evidente sería porque los cubos del espacio y los puntos del tiempo son extremadamente pequeños: el tiempo parece continuo de la misma manera en que creemos que hay movimiento en una película, cuando de hecho se trata de cuadros, y la ilusión del continuo espacial es semejante a las sombras que surgen de la textura finamente punteada en una fotografía de periódico.

La respuesta obvia, afirma Fredkin, no es toda la respuesta; la ilusión de continuidad se halla todavía más profundamente arraigada en nuestra situación. Incluso si el tictac del reloj universal fuera, en cierto sentido, absoluto, aun así el tiempo nos parecería continuo, puesto que nuestra percepción, al seguir los mismos tictacs, no tendría una textura granulosa más fina que los procesos percibidos. Lo mismo pasa con la percepción espacial: ¿pueden los ojos, constituidos de pequeñísimas unidades, percibir la presencia de dichas unidades? ¿Podría algún proceso informativo sentir sus elementos esenciales? El asunto es que las unidades básicas de tiempo y espacio en la realidad de Fredkin no parecen ser imperceptiblemente diminutas. Siempre y cuando las criaturas hagan que lo perceptible esté en esa realidad, las unidades *tienen* que ser imperceptiblemente pequeñas.

Años después de su llegada al MIT, conforme Fredkin se incorporaba a la primera generación de expertos devotos de las computadoras, llamados *hackers*, también se fue sumergiendo en la física, aprendiendo finalmente de manera autodidacta las lecciones que había perdido al abandonar en su juventud el Tecnológico de California. Fue esta educación paralela, dice Fredkin, la que lo condujo a la teoría de la física digital. Muchos físicos adquieren de niños la clase de afinidad con los mecanismos que él aún siente, pero en la mayoría esta relación se diluye ante la educación formal; la mecánica cuántica, el paradigma actual de la física contemporánea, parece sugerir que, en esencia, la realidad posee elementos verdaderamente aleatorios y que por tanto es inherentemente impredecible. Pero Fredkin escapó al adoctrinamiento habitual. Hasta hoy sostiene, como lo hacía Albert Einstein, que la interpretación común de la mecánica cuántica está equivocada; que cualquier incertidumbre aparente en el mundo subatómico sólo refleja nuestra ignorancia de los principios determinísticos, no su ausencia. Esta es una opinión crítica, pues si está en un error y el universo en última instancia *no* es determinista, entonces no puede ser gobernado mediante un proceso tan meticuloso como la computación.



Paso a paso, punto por punto

La idea de que el universo es una computadora fue inspirada en parte por la idea de la *computadora universal*. Una computadora universal puede simular cualquier proceso que pueda ser descrito con precisión y llevar a cabo cualquier cálculo factible.

Este amplio poder se apoya básicamente en algo muy simple: el algoritmo es un plan establecido para convertir un insumo en un producto, energía de entrada en información de salida, con objeto de tomar un ente informativo y transformarlo en otro. Por ejemplo, un programa de computadora que toma un número cualquiera, lo eleva al cuadrado y le resta tres es un algoritmo. No es en realidad uno muy poderoso, ya que tomar 3 y transformarlo en 6 no es crear mucha información nueva. Pero los algoritmos adquieren mayor poderío cuando son *recursivos*. Un algoritmo de esta naturaleza es aquel cuya información de salida se retroalimenta en forma de energía de entrada.

La eficacia de los algoritmos recursivos se manifiesta de manera particular en la simulación de procesos físicos. Fredkin utilizó computadoras al comienzo para simular, digamos, dos partículas, una con carga positiva y otra con carga negativa, cadauna girando según las leyes del electromagnetismo. El programa que había escrito tomaba las velocidades y posiciones de las partículas en un punto en el tiempo, calculaba las variables para el siguiente punto en el tiempo, y con las nuevas variables retroalimentaba el algoritmo a fin de obtener variables más nuevas en una serie de miles de veces por segundo. Fue en estos puntos orbitales en donde Fredkin percibió por primera vez la fascinación de esta clase de universo, más afín a él: un universo que actúa paso a paso y punto por punto, un universo en el que la complejidad se reduce a reglas de una simplicidad elemental.

El descubrimiento de Fredkin de los robot celulares pocos años más tarde le permitió entregarse aún más a su gusto por la economía de la información y estrechó su vínculo con el algoritmo recursivo. Con frecuencia, es poco menos que imposible describir los diseños de los robot con cálculos que, no obstante, son fáciles de expresar en términos algorítmicos.

En el otoño de 1974, Fredkin pasó su sabático en el Instituto Tecnológico de California, bajo la tutela de Richard Feynman. Fredkin recuerda que el trato consistía en que él enseñaría a Feynman más sobre la ciencia de la computación y éste le enseñaría más física. Una vez allí, Fredkin desarrolló una idea que poco a poco ha llegado a ser considerada una profunda contribución a ambas disciplinas. La idea es también —al menos en la cabeza de Fredkin— confirmar las pruebas de su teoría de la física digital. La conclusión a la que llegó, dicha de manera concisa y general, es la siguiente: Fredkin encontró que la computación no es intrínsecamente irreversible y por tanto es posible, en principio, construir una computadora que no agote su energía y no despida calor.

Todas las computadoras que hay en el mercado *son* irreversibles. Es decir, su registro del procesamiento de información no puede deducirse de su estado informativo presente. No se pueden examinar los datos que contiene una computadora y explicar cómo se llegó a ellos. Cuando el promedio de las computadoras nos digan que 2 más 2 es igual a 4, habrán olvidado la cuestión, pues todo lo que saben ahora es que nuestra pregunta fue cuánto es 1 más 3. La razón de su ignorancia es que las computadoras se deshacen de la información una vez que dejan de necesitarla, ya que no desean atascarse.

En 1961, Rolf Landauer, del Centro de Investigación Thomas J. Watson de IBM, confirmó que esta destrucción de información es la única parte del proceso de la computación que involucra inevitablemente la disipación de energía. En otras palabras, le cuesta a la computadora olvidar cosas pero no necesariamente para llevar a cabo otras funciones. En consecuencia, la cuestión de si se puede o no, en principio, construir una computadora universal que no disipe energía en forma de calor equivale a preguntarse si se puede diseñar una computadora universal lógicamente reversible, cuyo registro computacional pueda siempre ser descubierto. Landauer, junto con casi todo el mundo, pensaba que una computadora con tales características era imposible; la arquitectura de todas las computadoras construidas hasta ese momento implicaba desechar regularmente información. Pero durante su estancia en el Tecnológico de California, Fredkin hizo una de las suyas: demostró que habían estado equivocados.

De las dos computadoras reversibles inventadas por Fredkin, la más conocida es la bola de billar. Si realmente hubiera sido construida, estaría formada por bolas de billar rebotando en un laberinto de "espejos" que saldrían ocasionalmente a través de ciertas puertas, las cuales, a veces, permitirían el ingreso de nuevas bolas. Para extraer datos de la máquina, habría que ponerle encima una cuadrícula y la máquina crearía la información. Una máquina como ésta, demostró Fredkin, podría ser calificada como computadora universal; podría hacer cualquier cosa que las computadoras normales realizan. Pero con la diferencia de que sería perfectamente reversible; para recuperar su registro, lo único que habría que hacer es detenerla y correrla en sentido inverso.

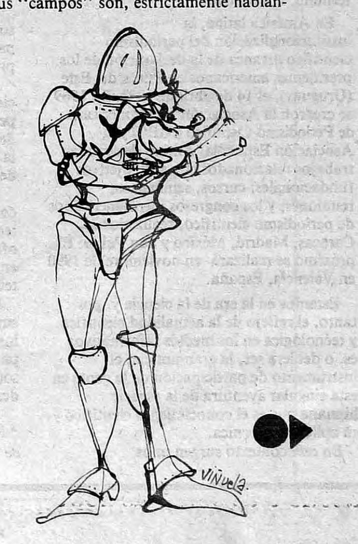
La computadora de bolas de billar nunca será construida pues se trata de un artefacto platónico, cuya existencia pertenece al mundo de las ideas. Las bolas son perfectamente redondas y duras, y la mesa perfectamente lisa y firme.
No hay fricción entre ambas y cuando las bolas chocan no se pierde energía.

La relación que Fredkin ve entre la computadora de bolas de billar y la física digital es un ejemplo de la variada y peculiar colección de pruebas que ha reunido en apoyo de su teoría. Las moléculas, los átomos y sus elementos constitutivos, observa él, giran de manera teóricamente reversible, como bolas de billar (si bien no es por supuesto humanamente posible evaluar el estado físico del universo y reconstruir su registro histórico mediante el seguimiento del movimiento hacia atrás de partículas microscópicas).

Fredkin no puede ofrecer un solo argumento que conduzca, inexorable, o por lo menos muy posiblemente, a la conclusión de que el universo es una computadora. Puede charlar sobre la computadora reversible, los robot celulares, las numerosas cantidades físicas, como la luz, que alguna vez fue considerada como un continuo, pero que hoy se piensa como materia discontinua, etcétera. La prueba está constituida por muchas pequeñeces, tantas y tan diminutas que al final Fredkin se ve obligado a trasmitir su razonamiento mediante una metáfora. "Encuentro las pruebas que confirman mis creencias en 10.000 lugares distintos", dice él. "Y para mí son simplemente abrumadoras. Es como si buscara un animal. He encontrado sus huellas y sus deyecciones y sus alimentos a medio masticar. He encontrado rastros de su pelaje y otras cosas más. En cada caso hay una correspondencia para una especie de animal y no es como cualquier otro que hayamos visto antes. La gente pregunta ¿dónde está? Y yo les digo que estuvo aquí, tiene más o menos esta altura, y es así y asá. Sé muchas cosas de él. No lo he cazado aún, pero sé que ahí está."

Deus ex machina

La teoría de la gravitación de Isaac Newton tenía algo de incómodo. Su idea de que el Sol ejerce una fuerza de atracción sobre la Tierra, y viceversa, sonaba un tanto sobrenatural y, en todo caso, era difícil de explicar. Pues, ¿cómo era que una "acción a distancia" de esta naturaleza podía llevarse a cabo? ¿Era que la Tierra miraba al Sol, estimaba la distancia y consultaba la ley de la gravitación a fin de determinar hacia dónde moverse y a qué velocidad? Newton eludió tales cuestiones y salió con la frase latina *si esset*: dos cuerpos, escribió, se comportan *como si* fueran empujados por una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Desde entonces, la física ha seguido el ejemplo de Newton. Sus "fuerzas" y sus "campos" son, estrictamente hablan-



Un dios cibernético

do, metafóricos, y sus leyes puramente descriptivas. Los físicos no hacen ningún esfuerzo por explicar por qué las cosas obedecen las leyes del electromagnetismo o de la gravedad. La ley es la ley y eso es todo lo que hay.

Fredkin se niega a aceptar esta autoridad tan a ciegas. Postula no únicamente leyes, sino también una entidad que las aplique: una computadora. En alguna parte, piensa él, se encuentra una especie de máquina que en realidad hace que nuestros propios *bits* espaciales sigan respetando la regla del robot celular universal. Con esta creencia Fredkin cruza la frontera entre la física y la metafísica, entre la hipótesis científica y la especulación cósmica. Si Fredkin tuviera el don que poseía Newton para las relaciones públicas, si se limitara a decir que el universo funciona *como si* fuera una computadora, aumentaría su prestigio entre los físicos y conservaría la esencia de su teoría, la idea de que finalmente la dinámica de la realidad física estará mejor capturada por un simple algoritmo recursivo que por la matemática de la física convencional, y que la continuidad del tiempo y el espacio implícita en la matemática tradicional es una ilusión.

En realidad, recientemente algunos notables físicos han declarado cosas no tan completamente diferentes de esta simplista versión de la teoría. T.D. Lee, premio Nobel de la Universidad Columbia, ha escrito profusamente sobre la posibilidad de que el tiempo sea discontinuo. Y en 1984, *Scientific American*, no precisamente un foro improvisado para maniáticos, publicó un artículo en el que Stephen Wolfram, entonces del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, escribió: "Las leyes de la ciencia están siendo consideradas hoy como algoritmos... Los sistemas físicos son vistos como sistemas computarizados que procesan información de una manera muy semejante a las computadoras". Su conclusión era que "un nuevo paradigma ha nacido".

¿Por qué Fredkin se niega a tomar la ruta más oportuna, es decir, dejar a un lado el argumento de que el universo es en realidad una computadora? Una razón *es* que considera censurable la falta de apoyo a las descripciones de la naturaleza mediante explicaciones por parte de Newton y de todos los físicos desde entonces. No deja de asombrarse al encontrar "científicos perfectamente racionales" creyendo en "una forma de misticismo: que las cosas suceden precisamente porque suceden". La mejor física, parece ser la opinión de Fredkin, es la metafísica.

El problema de la metafísica es su infinita profundidad. Por cada pregunta que obtiene respuesta, surge al menos un nuevo interrogante, y al hacer un recuento nunca parece claro qué avance se ha logrado. Por ejemplo, ¿dónde está la computadora de la que Fredkin se empeña en hablar? ¿En este universo? ¿Ubicada en la quinta o sexta dimensión, lo cual la hace invisible? ¿Se halla en algún metauniverso? Parece que la respuesta es la segunda, y para entender por qué, necesitamos recurrir al problema del regreso infinito.

Este problema acosa la teoría de Fredkin de dos maneras, una de las cuales ya la hemos abordado: ¿si la materia está constituida de información, de qué está hecha la información? E incluso si uno acepta que da igual si es la información, la materia o la energía el ingrediente más fundamental, ¿qué sucede entonces con la computadora en sí? ¿De qué está hecha?

Ante todo, no importa de qué está hecha la información o qué clase de computadora la produce. Podría ser ésta de un material electrónico convencional, o podría ser una máquina hidráulica formada de gigantescas cañerías, o bien podría ser algo que ni siquiera podemos imaginar. ¿Cuál es la diferencia? ¿A quién le interesa de qué está constituida la información? En la medida en que la regla de los robot celulares sea la misma en cada caso, los modelos de información serán iguales, y lo serán porque la estructura de nuestro mundo depende del *modelo*, no del sustrato del modelo; un átomo de carbono, según Fredkin, es una *configuración* determinada de *bits*, no de cierta *clase* de *bits*.

Además, no podemos saber nunca de qué está hecha la información o qué clase de máquina la procesa. Este aspecto tiene su origen en las conversaciones que de niño Fredkin recuerda haber sostenido con su hermana Joan sobre la posibilidad de que formaran parte de un sueño que Dios estaba teniendo. "Digamos que Dios se encuentra en un cuarto y que sobre su mesa tiene algunas galletas y té", dice Fredkin, "y que está soñando con todo este universo. Pues bien, nosotros no podemos llegar y tomar sus galletas. No están en nuestro universo. Entonces, nuestro universo tiene límites. Hay algunas cosas en él y otras no".

** Robert Wright es periodista y autor de un reciente libro,* Three scentists and their gods, *de donde está tomado este fragmento que publicó la editorial Random House de New York.*



Divulgar ciencia es promover la participación

En España, hace 20 años, éramos tres. Hoy pasamos de cien quienes nos dedicamos de manera profesional al periodismo científico. Los medios informativos difunden más ciencia y tecnología. En los quioscos se venden revistas que divulgan el conocimiento científico y hay un plan nacional de investigación científica y desarrollo tecnológico.

La bibliografía sigue siendo escasa, pero últimamente se han publicado por lo menos tres libros sobre estos temas: *La communication scientifique publique*, de Pierre Fayard; *Vulgariser la science*, bajo la dirección de Daniel Jacobi y Bernard Schiele, y *El periodista científico toca la puerta del siglo XXI*, coordinado por Lisbeth Fog.

Para James Cornell, presidente de la Asociación Internacional de Periodismo Científico, la experiencia de la Primera Guerra Mundial y el surgimiento de Norteamérica como potencia tecnológica, después de 1919, encienden la chispa del enorme interés público por la ciencia. En los años 60, las escuelas de periodismo de Estados Unidos también se habían dado cuenta de la necesidad de capacitar escritores para estas especialidades y comenzaron a ofrecer cursos de redacción científica y técnica, de grado y posgrado. Los programas de periodismo científico se desarrollaron hasta incluir las especialidades de redacción agrícola, ambiental y espacial y enriquecieron sus planes de estudios teniendo en cuenta la interacción entre la ciencia, la comunicación, la educación y, en último término, la sociedad.

En América latina, la institucionalización del periodismo científico arranca de la declaración de los presidentes americanos en Punta del Este (Uruguay), el 14 de abril de 1967. En 1969 se crearon la Asociación Iberoamericana de Periodismo Científico (AIPC) y la Asociación Española. Ambas desarrollan trabajos relacionados con sus objetivos fundacionales: cursos, seminarios, reuniones, y los congresos iberoamericanos de periodismo científico, realizados en Caracas, Madrid, México y San Pablo. El próximo se realizará en noviembre de 1990 en Valencia, España.

Estamos en la era de la ciencia y, por tanto, el reflejo de la actualidad científica y tecnológica en los medios informativos es, o debiera ser, la gran noticia, el instrumento de participación de la gente en esta singular aventura de la especie humana que es el conocimiento científico y su aplicación técnica.

En este contexto surgen unos profesionales, los divulgadores científicos, con una doble e inaudita pretensión: explicar el universo y acercar al pueblo el conocimiento. Pocos objetivos tan decisivos podrá proponerse una sociedad. La información se hace conocimiento y quienes dominen una y otro dominarán el futuro.

La divulgación de la ciencia y la tecnología es imprescindible en el mundo de hoy y nos atrevemos a afirmar que está llamada a ser la estrella informativa del periodismo del siglo XXI. La ciencia no es ya el patrimonio de un grupo, lo que se llamaba la aristocracia de la inteligencia, sino de una comunidad de masas, de la totalidad del género humano.

De esta visión de la ciencia como patrimonio común de la Humanidad arrancan las misiones del periodismo científico que consisten en poner al alcance de la mayoría los conocimientos de la minoría. El cumplimiento de esta tarea plantea una serie de problemas, estudiados y por estudiar, pero que podrían reducirse a uno: cómo explicar ideas y descubrimientos complejos en expresiones sencillas, al alcance de todos.

Es curioso que ni siquiera en las democracias se suele tener en cuenta esta necesidad, y que ni en los países que intentan planificar su política científica se encuentran referencias a la participación pública por la vía de la información en los grandes medios de comunicación.

En esta línea cabría pensar en un programa nacional de divulgación científica, dentro de la comunicación científica pública y que podría abarcar, entre otros aspectos, los siguientes:

—La creación de una conciencia pública sobre el valor de la investigación científica para incrementar el conocimiento y para promover un desarrollo integral.

—Sensibilización de periodistas y científicos para utilizar el carácter periodístico de una parte de los descubrimientos científicos, al servicio de la educación popular y de la generalización del conocimiento.

—Preparar a la población para la comprensión de la ciencia y del cambio tecnológico, a escala individual y social, y ofrecerle un instrumento para ayudarle en la necesaria adaptación a la civilización tecnológica.

Mientras esta incomunicación no se supere, el ciudadano carecerá de los instrumentos imprescindibles para participar en la toma de decisiones de una sociedad madura y adulta, basada en el desarrollo científico y tecnológico.

** Presidente de la Asociación Española de Periodismo Científico.*

